

不溶化固化体からの溶出モデルの提案

国土交通省土木研究所 正 小橋 秀俊 小畑 敏子
 基礎地盤コンサルタンツ(株) 正 ○ 阪上 最一 加藤 直継
 五洋建設(株) 正 車田 佳範
 前田建設工業(株) 正 小口 深志
 太平洋セメント(株) 守屋 政彦

1. はじめに

建設省官民連帯共同研究「地盤環境の性状保全型技術の開発」では建設用地で遭遇する土壌・地下水汚染に対する影響防止対策技術の開発に取り組んでいる。このなかで、不溶化対策技術は重金属汚染土壌に対して溶出防止効果が高いことが確認されたが、不溶化固化体からの長期的な溶出特性、およびその予測手法については今もって不明な部分が多い。それを明らかにする実験としてタンクリーチング試験を実施している。本報では環境庁告示46号試験とタンクリーチング試験結果から、不溶化固化体からの六価クロムの溶出モデルについて提案する。本モデルは、固化体の大きさに無関係に溶出深さ内の汚染濃度 α を定義したもので、大きさの異なる現場での六価クロムで汚染された土壌を固化処理体にも適用できよう。

2. 溶出モデルの一般化

溶出モデルを導くにあたってタンクリーチング試験環境を図-1に示すようにモデル化する。固化体および水槽は簡便にするために立方体とした。ここで、 L は水槽の一辺の長さ、 l は固化体の一辺の長さ、 d は溶出する部分を想定する深さである。

溶出量の一般式として(1)式に示すような関係が考えられる。

$$c_w(L^3 - l^3) = c_s \{ l^3 - (l - 2d)^3 \} \quad \cdots \cdots (1)$$

ここで、 c_w は水中における濃度、 c_s は固化体自体が保有する濃度とする。

(1)式に、環告46号試験の場合 $c_w = c_{46}$ 、タンクリーチング試験の場合 $c_w = c_{TL}$ とすると(2)(3)式が得られる。

$$c_{46}(L^3 - l^3) = c_s \cdot l^3 \quad (2d = l) \quad \cdots \cdots (2)$$

$$c_{TL}(L^3 - l^3) = c_s \{ l^3 - (l - 2d)^3 \} \quad \cdots \cdots (3)$$

(2)式より(4)式が得られ、これを(3)式に代入すると、(5)式で溶出深さ d が求まる。

$$c_s = \frac{(L^3 - l^3)}{l^3} c_{46} \quad \cdots \cdots (4)$$

$$d = \left\{ 1 - \sqrt[3]{1 - \frac{c_{TL}}{c_{46}}} \right\} \cdot \frac{l}{2} \quad \cdots \cdots (5)$$

従って、タンクリーチング試験の濃度 c_{TL} は(6)式のような関係になる。

$$c_{TL} = \left\{ 1 - \left(\frac{l - 2d}{l} \right)^3 \right\} c_{46} \quad \cdots \cdots (6)$$

$$(6) \text{ 式 の 特 性 } \left(\frac{c_{TL}}{c_{46}} \right)_{\text{小型TL}} > \left(\frac{c_{TL}}{c_{46}} \right)_{\text{大型TL}}$$

現段階で水中に溶け出している総溶出量 Q は(3)式の右辺として、(7)式のようになる。

$$Q = c_s \{ l^3 - (l - 2d)^3 \} = \frac{L^3 - l^3}{l^3} \{ l^3 - (l - 2d)^3 \} \cdot c_{46} \quad \cdots \cdots (7)$$

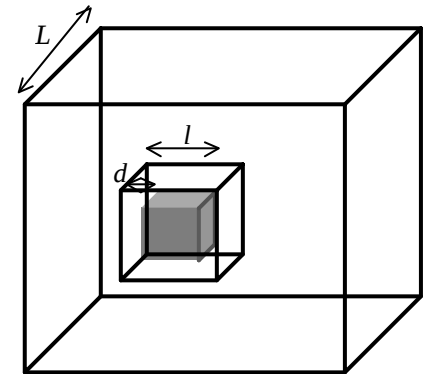


図-1 固化体と水槽のモデル

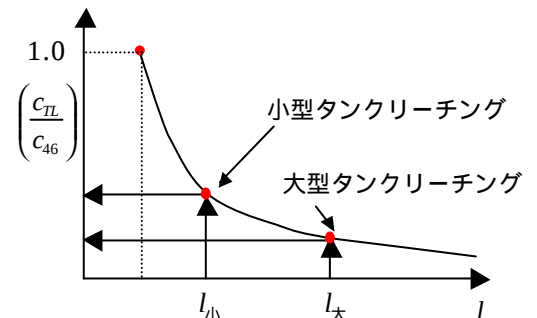


図-2 小型と大型の違い

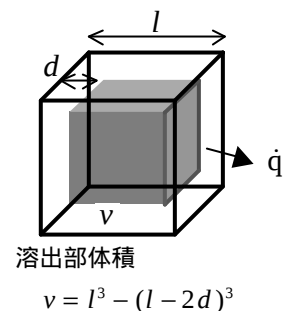


図-3 $\dot{q}$ の定義

キーワード：不溶化，溶出モデル，タンクリーチング試験

連絡先（東京都千代田区九段北1-11-5 基礎地盤コンサルタンツ(株)TEL:03-5276-6232,FAX:03-3234-7439）

また、図-3 に示す $\dot{q}$ (溶出部の単位体積単位時間あたり溶出量) を定義すると (8) 式が求まる。

$$Q = \left(\int_0^{t_0} \dot{q} dt \right) \cdot v \quad \dots \dots \dots (8)$$

ここで $\dot{q} = \frac{a}{t+t'}$ と仮定すると、(7) (8) 式から (9) 式が得られる。

$$a = \frac{\frac{L^3 - l^3}{l^3} \cdot c_{46}}{\{\ln(t_0 + t') - \ln(t')\}} \quad \dots \dots \dots (9)$$

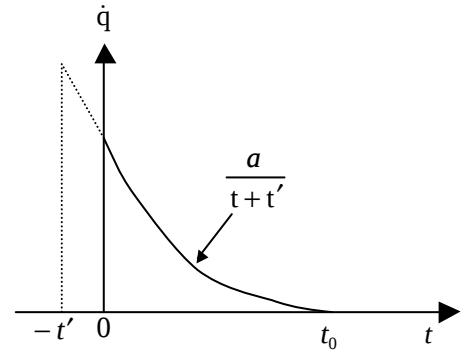


図-4 $\dot{q} \sim$ 時間関係

(9) 式と $\dot{q}$ 式から図-4 の関係が得られる。ここで t_0 は溶出終了時間、 t' は固化体作成時から試験時を考慮するパラメータである。

以上より、時間 t における溶出量は次のように求まり、 t 時間後における C_{TL} である $w(t)$ が求まる。

$$Q(t) = \left(\int_0^t \dot{q} dt \right) \cdot v = \frac{\{\ln(t+t') - \ln(t')\}}{\{\ln(t_0+t') - \ln(t')\}} \cdot \frac{L^3 - l^3}{l^3} \cdot \{l^3 - (l-2d)^3\} \cdot c_{46} = w(t) \cdot (L^3 - l^3) \quad \dots \dots \dots (10)$$

従って、

$$w(t) = \frac{l^3 - (l-2d)^3}{l^3} \cdot c_{46} \cdot \frac{\{\ln(t+t') - \ln(t')\}}{\{\ln(t_0+t') - \ln(t')\}} = \left\{ 1 - \left(\frac{l-2d}{l} \right)^3 \right\} \cdot c_{46} \cdot \frac{\{\ln(t+t') - \ln(t')\}}{\{\ln(t_0+t') - \ln(t')\}} = C_{TL} \cdot \frac{\{\ln(t+t') - \ln(t')\}}{\{\ln(t_0+t') - \ln(t')\}} \quad \dots \dots (11)$$

これより、小型の C_{46} 、 C_{TL} と大型の C_{46} を用いて大型の C_{TL} が求められる。

3. 実験値との比較

モデル検証に用いた実験結果を表-1 に示す。実験に用いた不溶化固化体は六価クロム汚染土 (溶出濃度 12.6mg/l (46 号試験)) に普通ポルトランドセメント (100kg/m³) を添加したものである。今回提案した溶出モデルと実験値の比較を図-5 に示す。

ここでは小型の C_{46} 、 C_{TL} と大型の C_{46} を用いて大型の C_{TL} を予測した。これにより、小型の試験結果から大型の溶出特性推定できることが示された。図-6 に固化体からの溶出特性を示す。不溶化固化体表面からの溶出特性は、時間経過とともに減少する溶出関係を用いるのが良いと考えられる。

表-1 モデル検証に用いた実験結果

試験法	46 号	TL 試験溶出濃度 (mg/l)				
	1 日	1 日	3 日	7 日	14 日	28 日
小型 TL 試験	3.5	0.09	0.12	0.25	0.31	0.42
大型 TL 試験	4.29	0.033	0.044	0.041	0.046	0.064

小型供試体：直径 5 cm 高さ 10 cm の円柱

大型供試体：一辺 40 cm の立方体

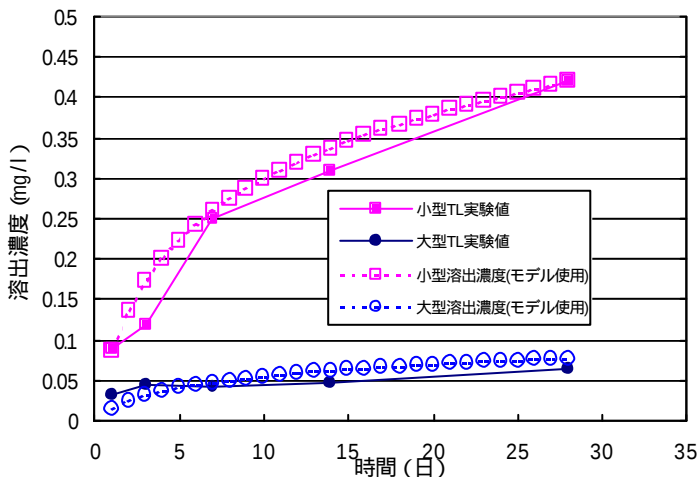


図-5 溶出濃度 - 時間関係

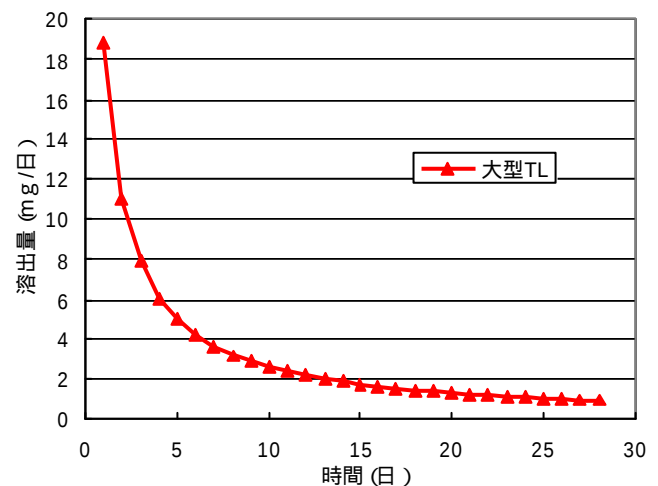


図-6 固化体からの溶出特性

4. 今後の予定

汚染源からの溶出特性のモデル化の研究は、土壌汚染の影響評価を左右する重要な課題であり、今後さらに研究を進める必要があると思われる。

参考文献

小橋秀俊他；不溶化固化体からの溶出特性 - タンクリーチング試験 - ,第 35 回地盤工学発表会,pp2591-2592,2000

三木博史他；不溶化固化体からの溶出特性(その2) - 大型タンクリーチング試験 - ,第 35 回地盤工学発表会,pp2593-2594,2000